

港湾空港技術研究所 資料

TECHNICAL NOTE

OF

THE PORT AND AIRPORT RESEARCH INSTITUTE

No.1203

September 2009

わが国の沿岸域環境で今後問題になるおそれのある残留性化学物質の
スクリーニング：その方法論の整備

小沼 晋

小川 文子

益永 茂樹

中村 由行

独立行政法人 港湾空港技術研究所

Independent Administrative Institution,
Port and Airport Research Institute, Japan

目 次

要 旨	3
1. まえがき	4
2. 化学物質の審査及び製造等の規制に関する法律（化審法）と化審法第一種監視化学物質	6
2.1 化審法の概要と取扱化学物質の分類	6
2.2 第一種監視化学物質の位置づけ	8
2.3 第一種監視化学物質を作業対象とした理由	9
3. 新規残留性化学物質候補のスクリーニング作業	9
3.1 作業前の母集団（第一種監視化学物質）	10
3.2 製造・輸入量によるふるい分け	11
3.3 環境放出性の有無による絞り込み	11
(1) 熱媒体としての使用	11
(2) 工業原料としての使用	12
3.4 化学物質の特性の把握と作業結果の解釈	13
(1) CAS登録番号の取得	13
(2) 分解性，濃縮性，毒性などの実測情報の取得	14
(3) 分解性，濃縮性，毒性などの推定情報の取得	14
(4) スクリーニング結果と解釈	16
3.5 問題点と今後の展開	19
4. 結論	20
5. あとがき	20
謝辞	21
参考文献	21
付録 化審法の第一種監視化学物質一覧（検討に必要な情報付き）	23

Screening of Emerging Chemicals in the Coastal Environment in Japan: Its Directions and Methodologies

Susumu KONUMA *

Ayako OGAWA **

Shigeki MASUNAGA ***

Yoshiyuki NAKAMURA ****

Synopsis

The environment in Japan has been drastically improved in the last several decades, however, the coastal environment still seems to have many problems: biodiversity degradation, unsustainable bioproductivity, and so on. These phenomena might have some links with emerging chemicals of concern, adverse effects for the environment from which are still unknown. The screening to seek for the emerging chemicals is thought to be needed to find the key chemicals which derive ecological risks for the coastal environment.

Type I Monitoring Chemical Substances (October 1, 2008) in the Act on the Evaluation of Chemical Substances and Regulation of Their Manufacture, etc (Act No. 117 of October 16, 1973) were selected as candidates of the emerging chemicals for the preliminary screening. The screening processes were performed using data set of the production and import volumes, the characteristics of the usage, the real and estimated toxicity and BCF data, the persistence in activated sludge and the estimated distribution ratio in sediment. The estimations were performed by the PBT Profiler by the U.S.EPA and the Syracuse Research Corp. (<http://www.pbtprofiler.net/>). Several chemicals were obtained as the final candidates of emerging chemicals; including a UV filter, a brominated flame retardant, a solvent for carbon paper and a vulcanizing agent. The past risk assessments and managements for each chemical were reviewed. The limitations and futures of these screening processes were discussed.

Key Words: Emerging chemicals, Ecological risk, Screening, Coastal environment, Sediment, PBT Profiler

* Senior Researcher, Marine Environment and Engineering Department, Port and Airport Research Institute

** Formerly Graduate School of Environment and Information Sciences, Yokohama National University (Currently Daio Paper Corporation)

*** Professor, Graduate School of Environment and Information Sciences, Yokohama National University

**** Distinguished Researcher, Port and Airport Research Institute

3-1-1 Nagase, Yokosuka, 239-0826 Japan

Phone : +81-468-44-5047 Fax : +81-468-44-6243 E-mail: nakamura_y@pari.go.jp

わが国の沿岸域環境で今後問題になるおそれのある 残留性化学物質のスクリーニング：その方法論の整備

小沼 晋*
小川 文子**
益永 茂樹***
中村 由行****

要 旨

かつての激しい公害の時代を経て、我が国の環境は過去数十年で劇的に改善した。しかしながら、生物多様性が次第に損なわれていることや生物生産性が維持できていないことなどから判断すると、沿岸環境は未だに多くの問題を抱えているように思われる。これらの問題は、因果関係は明確ではないものの、化学物質汚染と何らかの関係がある可能性がある。その物質はこれまで良く知られてきた物質ではなく、まだあまり知られていない残留性化学物質（新規残留性化学物質）である可能性がある。沿岸生態系に対してリスクとなる化学物質がもし存在するのなら、多種多様な化学物質の中からこれを探索し、見つけ出すことが必要であると考える。

この見地に立ち、本研究は、化学物質の審査及び製造等の規制に関する法律（化審法、昭和 48 年法律第 117 号）の第一種監視化学物質（2008 年 10 月 1 日改正）を予備的な対象化学物質セットに設定した上でスクリーニング作業を実施し、今後沿岸域生態系に悪影響を及ぼす恐れのある新規残留性化学物質の候補を絞り込んだ。具体的には、まず製造・輸入量と利用用途の情報を用いてふるい分けしておき、毒性・濃縮性の実測値とモデル推定値を総合した暫定ランキングをベースに、製造・輸入量、分解性、底泥への分配性を加味した検討を実施した。モデル推定にあたっては、米国環境保護庁と Syracuse Research Corp. が開発した PBT Profiler(<http://www.pbtprofiler.net/>)を利用した。その結果、新規残留性化学物質の候補として、紫外線吸収剤、臭素系難燃剤、感圧紙用溶剤、加硫剤など数個の化合物をリストアップすることができた。それぞれの物質について既往の検討事例と環境リスク削減への取り組みを概観した。あわせて、この手法の現状での制限項目と、今後より幅広い化学物質を取り扱っていく際の可能性を整理した。

キーワード： 新規残留性化学物質，生態リスク，スクリーニング，沿岸環境，底泥，PBT Profiler

* 海洋・水工部主任研究官
** 前国立大学法人横浜国立大学環境情報学府（現大王製紙株式会社）
*** 国立大学法人横浜国立大学環境情報研究院教授
**** 研究主監

1. まえがき

これまでわが国では、水俣病を引き起こした水銀、イタイタイ病の原因となったカドミウムなど重金属類、油症事件を起こしたポリ塩化ビフェニル(PCB)やダイオキシン類、最近では内分泌攪乱物質(環境ホルモン物質)など、有害化学物質が繰り返し大きな問題となってきた。これらは人体にとっての脅威となるからこそ強い社会的関心を集めた物質であった。大きな社会問題化、強い環境規制のサイクルが何度も繰り返されるうちに、そして、環境意識の高まりと環境対策が進むにつれ、わが国から大きな環境問題はなくなったように思われがちである。

しかし、生態系に影響を与える化学物質に対してのわが国の対策は、今もって必ずしも十分ではなく、環境省(2002)は諸外国に比べると大きく立ち後れていると指摘している。その中、大きなテーマとなったのが、1990年のトリブチルスズ(TBT)に対する規制開始や、2003年の亜鉛規制の開始であった。貝類への強い毒性を持つTBTに対しては業界の自主規制が先行していたこともあり、速やかに国内での使用量は減少、山崎ら(2007b)はその環境レベルは将来にわたり下降し続けると予測している。亜鉛規制はわが国で初めての水生生物保全を目的とした環境基準および排水基準設定であったが、従来に比べるとかなり厳しい基準値設定となったため、その妥当性に関する議論は今なお続いている(例えば、中西ら、2008)。

このように、生態系保全を目的とした化学物質規制の道のりは平坦ではない。しかし、生物多様性の維持や生物生産性の保全の観点から判断すると沿岸生態系の劣化は継続しており、これらの生態系異変の原因として化学物質との関係が取り沙汰される状況は今なお続いていることから、早晚、亜鉛に続く規制物質が複数現れることが予想される。

一方、現在、有機フッ素化合物あるいはフッ素系界面活性剤(PFCs: PerFluorinated Compounds あるいは PFSs: PerFluorinated Surfactants)、臭素系難燃剤(BFRs: Brominated Flame Retardants)、医薬品・パーソナルケア用品・香料など(PPCPs: Pharmaceuticals and Personal Care Products)のような、これまであまり汚染物質と見なされてこなかった、いわゆる新規環境汚染物質(Emerging Chemicals (or Contaminants) of Concern の訳語)に対する学術的関心、また社会的関心が高まってきている。これらの物質群は、強い毒性を持つとは限らないが、環境残留性が高いこと、あるいは使用量が多く環境に大量に放出されることで問

題視される場合が多い。また、人体への影響や生態系影響が必ずしも明確にならないうちにマスメディアで取り上げられ、その結果、生産者側や使用者側で速やかに自主規制される傾向が強いのも特徴である。なお、このうちPFCs(あるいはPFSs)は、残留性有機汚染物質(POPs: Persistent Organic Pollutants)に関するストックホルム条約(POPs条約)への追加作業が進行しており、この条約を批准しているわが国も、遠からず製造・輸入・使用の禁止などの規制を実施することになる見通しである。

これらの物質が生態系におよぼす影響や、先に述べたような生態系異変との関連は今のところあまりはっきりしていない。これまでの化学物質対応の基本姿勢は、「では影響がはっきりするまで待とう」であったように思われる。しかし、生態系で今なお続く環境問題が解明できていないのは、多くの関係者が正にその姿勢を取り続けているせいなのではなかろうか。

次々に現れるこれら新規環境汚染物質についても、手をこまねいているのではなく、生態系影響に関する検討を着手できるところから進める必要があると考えられる。それは、過去に繰り返されてきた「問題が起こってから対策をとる」繰り返しから一歩前に進んだ、戦略的かつ有意義な作業になるはずである。

新規環境汚染物質も、また既存の化学物質も無数に(累積で4000万種以上(American Chemical Society, 2008))存在する中、どの物質に注目して検討すべきかを決定するのは、従来は広い知見と高度な専門的知識を要する作業であった。しかし、今日のコンピュータとインターネットの発達をもってすれば、今後環境中で問題になる可能性のある物質、つまり、新規環境汚染物質の候補(本資料では便宜上、新規残留性化学物質と呼ぶ)を一覧にし、生態系に与える影響が大きいと目されるものを抽出するのはそれほど困難ではない。

よって本資料では、生態系影響の評価の前段階として、新規残留性化学物質の候補を用意し、早急に対策を行うべき物質を抽出するためのスクリーニング手法の検討を実施した。具体的には、まず、作業用の母集団として、化学物質の審査及び製造等の規制に関する法律(化審法)の定める第一種監視化学物質を選定した。次いで、複数のスクリーニング作業を経て、生態系影響を優先的に評価することが必要だと考えられる複数個の化学物質を抽出することができた。また、この手法をこの母集団以外に適用する場合の可能性と問題点についても触れた。

港湾空港技術研究所(港空研)は、平成14年度の沿岸

化学物質メソコスム実験施設の竣工と平行して、沿岸域の化学物質管理研究を本格的に開始した。まず実施されたのは、研究実施項目「化学物質の生物および生態系への影響評価に関する実験」(平成 15-17 年度、特別研究)であった。ここでは、沿岸域化学物質汚染の実態が港湾底泥を中心に把握されるとともに(中村ら, 2004; 山崎ら, 2005), 底泥からの直接の生物影響を調べる手法として、底生生物を用いた暴露試験や海草類を用いたメソコスム実験手法が確立された(中村ら, 2005; 中村, 2006)。

これらの成果を受け、上記研究は、研究実施項目「堆積物起源有害化学物質の環境運命に関する実験及び解析」(平成 18-20 年度)に発展した。この研究では、従来から毒性が指摘されてきた重金属類、微量でも慢性毒性が懸念され近年規制に加えられたダイオキシン類や TBT, さらには今後規制対象となる可能性がある多環芳香族炭化水素類 (PAHs: Polycyclic Aromatic Hydrocarbons) が研究対象に選定され、これらの化学物質の環境動態を支配する最も基本的な情報である水-底泥分配や吸脱着特性に関する実験的および理論的な検討(石渡ら, 2006; 山崎ら, 2006a, 2006c, 2007a; 内藤ら, 2007a), 港湾底泥からの水中回帰量の推定(山崎ら, 2006b, 2007b; 内藤ら, 2008), 現地底泥の含有量や生物生息状況からの影響度判定(内藤ら, 2007b), 汚染サイトの食物網構造の解析を通じた堆積物起源の化学物質リスク評価の枠組みの提案、などが実施された。これら一連の成果はダイオキシン類に汚染された港湾底泥管理に関するガイドラインの作成にも活用された(Naito et al., 2008)。

以上を実施する過程では、化学物質リスクに関して我が国屈指の研究実績がある横浜国立大学(横浜国大)との共同研究、バイオアッセイ技術を有する横浜市立大学との研究連携(Mori et al., 2007), さらに東京工業大学との研究連携等が実施された。これらの端緒となったのは、港空研と横浜国大との共同研究「沿岸海域における有害化学物質の動態及び生物影響に関する研究」(平成 17-19 年度)であった。その成果を発展させ、現在、2 期目の共同研究「陸起源化学物質が海域に与える環境インパクトに関する研究」(平成 20-22 年度)が進行中である。

横浜国大との 1 期目の共同研究は、2 つの研究実施項目の移行期に計画されたものであり、沿岸底泥中に蓄積した有害化学物質の動態を把握し、それらの化学物質が底生生物や水生生物に与える影響の評価手法の構築を目指したものであった。横浜国大はダイオキシン類を中心とした、有害化学物質の内湾域での物質収支と生物影響に関する検討を行い、港空研は有機スズ化合物の底泥への吸着及び分配過程の解明、海底境界層近傍における有害

化学物質の物理的輸送過程に関する検討を実施した。一連の研究を通じ、ダイオキシン類や TBT など疎水性の強い化学物質の、汚染実態や環境動態解析の基礎となる情報を整理することができた(山崎ら, 2006b, 2007)。特に水-底泥間の分配に関する、特定の化学物質にとらわれない普遍的かつ本質的傾向を把握することができ、リスク評価と底泥管理を円滑に実施するための基礎情報を得ることができた。

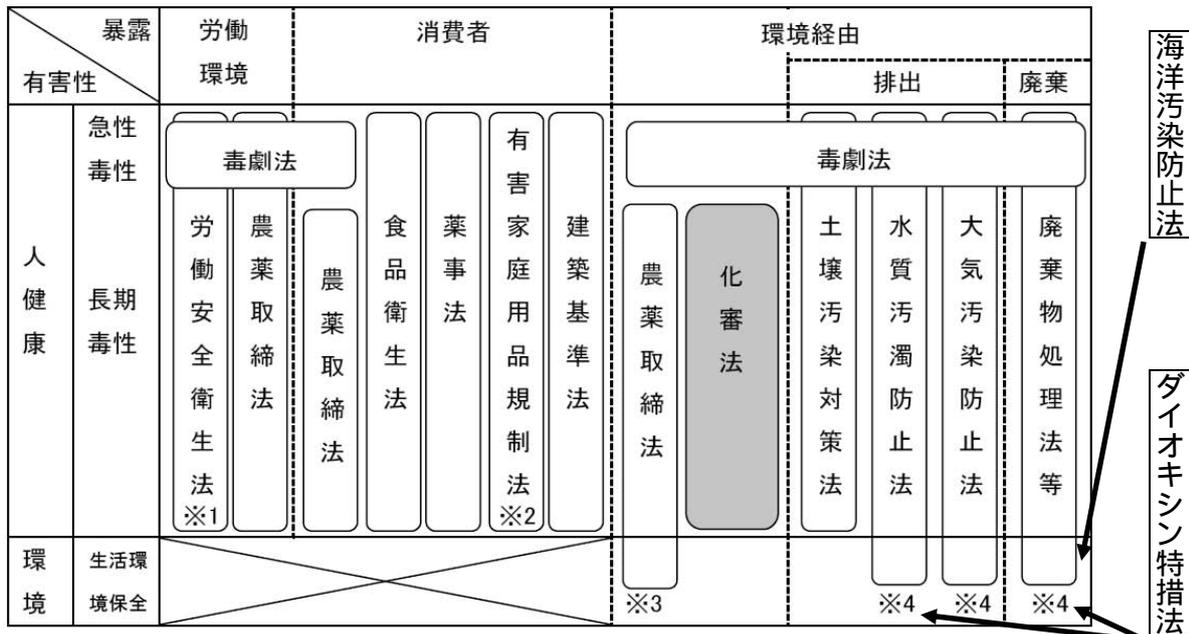
1 期目の共同研究の総括段階では、陸起源の化学物質を沿岸域の視点から総合的に管理する視点の重要性が改めて認識され、将来の研究のターゲットとして、未規制化学物質の総合的な管理手法の検討が必要であるとの共通認識が生まれた。2 期目の共同研究「陸起源化学物質が海域に与える環境インパクトに関する研究」(平成 20-22 年度)が開始されたのはこのためである。本共同研究は、港空研の研究実施項目「内湾に集積する新規残留性化学物質の管理手法に関する研究」(平成 21 年度-)に 1 年先駆けて実施することにより、研究実施項目での研究の基盤となるとともに、研究の方向性や手法を確認し、決定する役割を担うものである。

本共同研究は、環境測定やリスク評価が今後必要となる複数の候補物質を対象とした、陸域から沿岸域にもたらされる化学物質の挙動の調査、陸域の発生源を含めた総合的な動態解析・影響評価手法の構築を目的としている。横浜国大は主として陸域での調査と発生源解析を分担し、港空研は分解性や毒性評価に基づいた探索対象物質の絞り込み、沿岸域での調査と生態系への影響評価、ならびにそれらを取りまとめた評価手法の提案を行う。横浜国大は、既にダイオキシン類について、陸域の発生源から沿岸域に至る環境動態解析を行っており、さらに、様々な化学物質の分析やリスク評価の実績がある。港空研は、海底境界層近傍の物理過程、TBT を含む有機スズ類の生物濃縮過程の解析を行った実績がある。そのため、新たな対象物質についても、それぞれが有する研究手法を用いて共同で研究を行うことにより、上記の目的をより速やかに達成できると期待されている。

本資料は、平成 21 年度から開始する研究実施項目の前段階として、以上の目的で開始された横浜国大との 2 期目の共同研究の初年度成果をとりまとめたものである。本研究に関する港空研からの公表成果としては、小沼ら(2008)が既に存在するが、限られた紙幅の中で発表された情報は限定的であった。本資料は、現在進行中の共同研究に関する、最初の港空研資料となる。

本資料の実際の作業は小沼と小川が共同で担当した。

化学物質に関する各種規制制度と現行化審法の位置付け(イメージ)



※1: 新規化学物質の事前審査では変異原性が対象

※2: 一般消費者の生活の用に供される製品が対象

※3: 水産動植物への著しい被害を防止するため、登録保留基準を設定

※4: 現状では生態毒性を有する化学物質の排出基準等は定められていない

図-1 化学物質法制の中の化審法の位置づけ (独立行政法人製品評価技術基盤機構, 2003 に加筆)

小沼は沿岸域・港湾で特徴的に検出できそうな化学物質、小川は生活関連化学物質に強い関心を持っていた。それぞれの物質は本資料に直接現れないが、それぞれの立場からの関心は本資料の方向性に色濃く反映されている。

本資料では化学物質管理行政の上で重要度が高い化学物質群をワーキングセットとして用いているが、これは益永の提案であった。このことを含め、研究全体の方向付けや進行管理は益永と小沼が担当した。中村は沿岸域・港湾の視点からの研究の位置付け、共同研究の方向付け、ならびに成果取りまとめの方向付けを担当した。

2. 化学物質の審査及び製造等の規制に関する法律 (化審法) と化審法第一種監視化学物質

2.1 化審法の概要と取扱化学物質の分類

化学物質の審査及び製造等の規制に関する法律 (化審法, 昭和 48 年法律第 117 号) は、難分解性の性状を有し、かつ人の健康を損なうおそれがある化学物質による環境の汚染を防止する目的で作られた法律である。昭和四十年代に起こったポリ塩化ビフェニル (PCB) による環境汚染を契機とし、有用な化学物質の利用に起因する人への

健康被害を防止する目的から 1973 年に制定された。現在の主務官庁は、厚生労働省、経済産業省、環境省である。

化学物質に関する法制度の中の化審法の位置づけについて図-1 に示す。

化審法は、従来は、世界に先駆けて、新規化学物質に関する事前審査制度を設け、PCB に類似した性状を有する化学物質について製造・輸入・使用等の規制を行うものであった。しかし、トリクロロエチレン等による地下水汚染など PCB とは異なる性質を有する化学物質による環境汚染を防止するために、昭和 61 年および平成 15 年に効果的かつ効率的な制度を目指し改正が行われた。具体的には、動植物への影響に着目した審査規制制度の導入や、環境中の放出可能性に着目した事前審査制度の見直しが実施された (経済産業省・厚生労働省・環境省, 2004)。

化審法では、これまで我が国で製造・輸入が行われたことのない新規化学物質に対して、製造または輸入に際し、製造・輸入者からの届出に基づき、事前にその化学物質が次の性状を有するかどうかを審査し判定を行うこ

ととされている。

自然的作用による化学的变化を生じにくいものであるかどうか(分解性)

生物の体内に蓄積されやすいものであるかどうか(蓄積性)

継続的に摂取される場合には、人の健康を損なうおそれがあるものであるかどうか(人への長期毒性)

動植物の生息若しくは生育に支障を及ぼすおそれがあるものであるかどうか(生態毒性)

審査の結果、難分解性ではあるが高蓄積性ではないと判定された化学物質については、製造・輸入数量の国内総量が年間 10 t 以下であること等について事前確認を受けることにより特例として製造・輸入が可能となる。

また、予定されている取扱方法等から見て環境汚染が生じるおそれがないもの(中間物、閉鎖系等用途、輸出専用)または、製造・輸入数量が全国で年間 1t 以下の化学物質(少量新規化学物質)として、製造・輸入者からの申出に基づいて国の事前確認を受けた場合には、上記の届出を要しないこととしている。

化学物質の性状に応じて、それぞれ以下の指定と措置を講じることとされている。

第一種特定化学物質(PCB、DDT など 16 項目)

- ・難分解性、高蓄積性および人または高次捕食動物への長期毒性を有する化学物質を、第一種特定化学物質として政令で指定している。
- ・措置の内容としては、製造又は輸入の許可、使用の制限、政令指定製品の輸入制限、物質指定等の際の回収等措置命令等が規定されている。
- ・多くは農薬である。TBT の化合物の一つであるビス(トリブチルスズ) = オキシド(TBTO) も含まれる。

第二種特定化学物質(トリクロロエチレンなど 23 項目)

- ・難分解性であり、人または生活環境動植物への長期毒性を有する化学物質を、第二種特定化学物質として政令で指定している。
- ・措置の内容としては、製造、輸入の予定及び実績数量を把握するとともに、環境の汚染により人の健康や生活環境動植物に係る被害が生じることを防止するため、製造又は輸入を制限することが必要な事態が生じたと

きには、その旨認定し、製造又は輸入予定数量の変更を命令できる。また、環境汚染を防止するためにとるべき措置について技術上の指針を公表し必要に応じ勧告を行うこと、表示の義務付け等により、環境中への残留の程度を低減するための措置が規定されている。

- ・このカテゴリーの 23 項目の中では、トリクロロエチレン、テトラクロロエチレン、四塩化炭素以外の全てが、有機スズ化合物(TBT や TPT の化合物)である。

第一種監視化学物質(酸化水銀() など 36 項目)

- ・難分解性を有しかつ高蓄積性があると判明した既存化学物質で、人および高次捕食動物への長期毒性が不明な化学物質を、第一種監視化学物質として告示し、製造・輸入数量の実績等を把握、合計 1t 以上の化学物質については、経済産業省が物質名と製造・輸入数量を公表している。
- ・製造、輸入、使用等の状況又は国による予備的な毒性評価の結果から、環境の汚染が生ずるおそれがあると見込まれる場合には、国は製造・輸入事業者に対し有害性(人または高次捕食動物への長期毒性)の調査を指示することができ、その結果、有害性を有すると判定された場合には第一種特定化学物質に指定される。
- ・古くから危険だと知られていた水銀から、熱媒体、紫外線吸収剤、加硫剤、有機フッ素化合物までバラエティに富んでいる。追加が時折ある。2007 年に紫外線吸収剤の一つが第一種特定化学物質に昇格したため、第一種監視化学物質に欠番が一つできた。

第二種監視化学物質(クロロホルムなど 921 物質)(旧法における指定化学物質)

- ・高蓄積性は有さないが、難分解性であり、人への長期毒性の疑いのある化学物質を、第二種監視化学物質として告示し、製造・輸入数量の実績等を把握、合計 100 t 以上の化学物質については、物質名と製造・輸入数量を公表する。
- ・製造、輸入、使用等の状況からみて当該化学物質による環境の汚染により、人の健康に係る被害を生ずるおそれがあると見込まれる場合には、国は製造・輸入事業者に対し有害性(人への長期毒性)の調査を指示することができ、その結果、有害性を有すると判定され、被害を生ずるおそれがあると認められる場合には第二種特定化学物質に指定される。
- ・毎年相当数が登録されている。混合物や反応生成物と

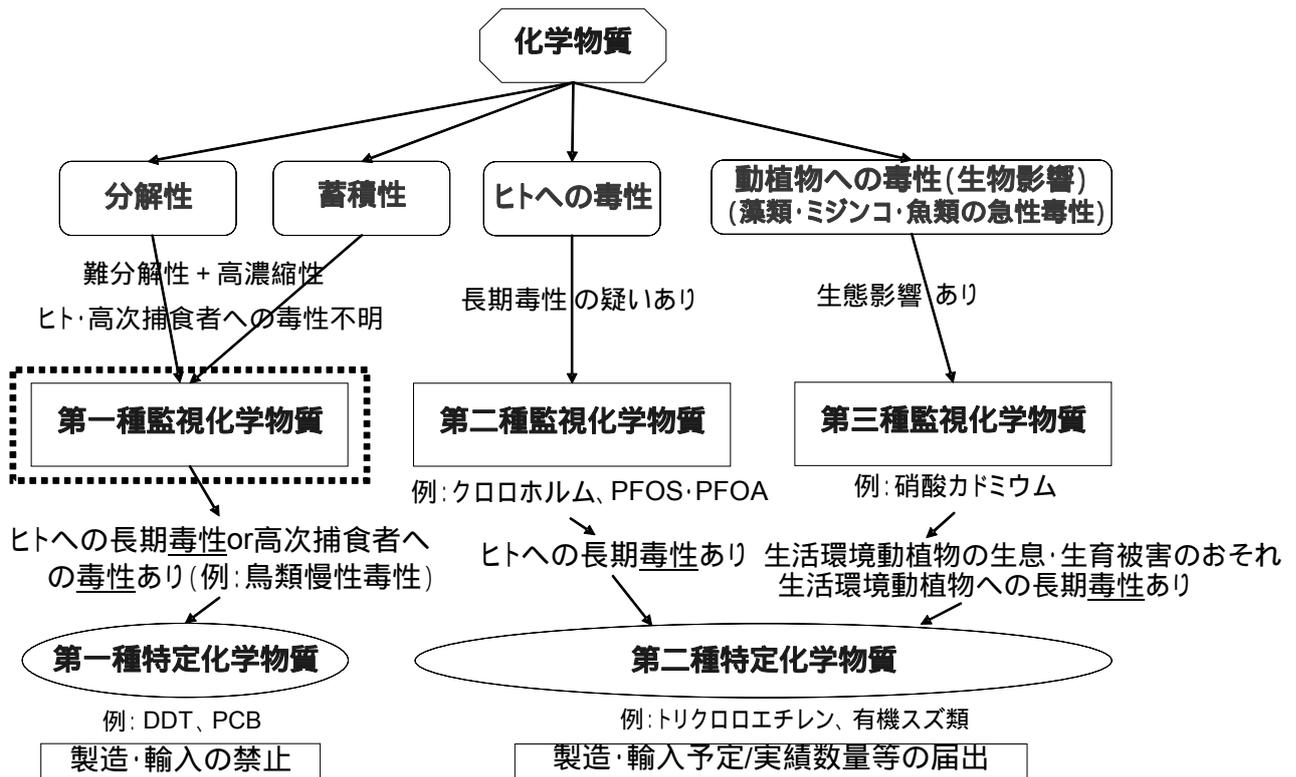


図-2 化審法による審査フロー

して登録されているものもあり、その場合は特定の物質として同定しにくい。

第三種監視化学物質（硝酸カドミウムなど 124 項目）

- ・ 難分解性であり、動植物一般への毒性（生態毒性）のある化学物質を、第三種監視化学物質として告示し、製造・輸入数量の実績等を把握、合計 100 t 以上の化学物質については、物質名と製造・輸入数量を公表する。
- ・ 製造、輸入、使用等の状況からみて当該化学物質による環境の汚染により、生活環境動植物の生息・生育に係る被害を生ずるおそれがあると見込まれる場合には、製造・輸入事業者に対し有害性（生活環境動植物への長期毒性）の調査を指示することができ、その結果、有害性を有すると判定され、被害を生ずるおそれがあると認められる場合には第二種特定化学物質に指定される。
- ・ 2006 年 7 月から指定が開始された、新しいカテゴリーである。フェノール・アニリン・ベンゼン・ナフタレン系化合物が目立つ。

ここまで見てきた、化審法による化学物質の審査について、そのフローを図-2 に示した。

2.2 第一種監視化学物質の位置づけ

第一種監視化学物質は、難分解性を有しかつ高蓄積性があると判明した既存化学物質である。製造・輸入実績数量、用途等の届出が必要であり、第一種監視化学物質に指定されると、特に以下の 3 点が実施される（経済産業省, 2008a）。

- 合計 1 トン以上について物質の名称、届出数量の公表指導・助言(環境汚染防止のため必要な場合)
- リスクの観点から必要に応じて有害性（人または高次捕食動物への長期毒性）調査

また、難分解性、高蓄積性及び長期毒性又は高次捕食動物への慢性毒性が認められた場合は第一種特定化学物質へと格上げされる。具体的には、製造又は輸入の許可制、使用の制限、政令指定製品の輸入制限、物質指定等の際の回収等措置命令等が規定されている。

特定化学物質への昇格自体は、当該物質の製造または輸入の完全な禁止を意味していない。しかし現実には、特定化学物質への昇格が起こると、行政による指導や業界の自主規制などによって、当該物質の製造・輸入・使用は事実上、速やかに廃止されることになるのが通例と

規制を受ける化学物質のカテゴリー

カテゴリー	生分解性	濃縮性	人への長期毒性	動植物への毒性	広範な環境暴露
第一種特定化学物質	難	高	あり又は 高次捕食動物に対してあり	-	-
第二種特定化学物質	難	低	あり又は 生活環境動植物に対してあり	あり	-
第一種監視化学物質	難	高	不明	不明	-
第二種監視化学物質	難	低	疑い	-	-
第三種監視化学物質	難	低	-	あり	-

- ・難分解性を有しかつ高蓄積性があると判明した既存化学物質(第一種監視化学物質)を告示し、製造・輸入数量の実績等を把握、合計1t以上の化学物質については、物質名と製造・輸入数量を公表する。
- ・製造、輸入、使用等の状況又は国による予備的な毒性評価の結果から、環境の汚染が生ずるおそれがあると見込まれる場合には、製造・輸入事業者に対し有害性(人又は高次捕食動物への長期毒性)の調査を指示することができ、その結果、有害性を有すると判定された場合には第一種特定化学物質に指定される。

図-3 化審法での化学物質の分類方針と第一種監視化学物質の位置付け(ナカライテスク, 2004; 経済産業省, 2008a)

なっている。2007年に2-(2H-1,2,3-ベンゾトリアゾール-2-イル)-4,6-ジ-tert-ブチルフェノールが第一種監視化学物質から第一種特定化学物質に昇格した際には、この措置が迅速に実施され、2008年現在、この物質を含む製品や原料はおろか、環境分析に用いる少量の試薬すら入手が困難な状態になっている。

各特定化学物質・監視化学物質の特徴と、その中での第一種監視化学物質の位置づけを整理して図-3に示した。

2.3 第一種監視化学物質を作業対象とした理由

前述のとおり、本資料が検討しようとしているのは、生態系に対して悪影響をおよぼすかもしれない化学物質の抽出である。ならば、生態毒性があることが既に判明している第三種監視化学物質を対象とすべきかもしれない。しかしながら、敢えて第一種監視化学物質を作業対象物質とした理由についてここで触れる。

第一種監視化学物質は、難分解性・高濃縮性であることが分かっているものの、どの程度の毒性を持つかが基本的には不明な物質群であり、有害性を有すると判定された場合に第一種特定化学物質へと移行する。第一種特定化学物質に対しては、製造又は輸入の許可制、使用の制限、政令指定製品の輸入制限、物質指定等の際の回収等措置命令等が規定されている(先に触れたとおり、事実上の製造・輸入・使用の禁止となる)。化審法の中でも最も危険度が高く、規制の厳しい物質群であると言える。

第三種監視化学物質は、有害性を有すると判定された場合に第二種特定化学物質へと移行する。第二種特定化

学物質に対して、国は、製造・輸入の予定及び実績数量を把握するとともに、環境の汚染により人の健康や生活環境動植物に係る被害が生じることを防止するため、製造又は輸入を制限することが必要な事態が生じたときには、製造又は輸入予定数量の変更を命令できる。また、環境汚染を防止するためにとるべき措置について技術上の指針を公表し必要に応じ勧告を行うこと、表示の義務付け等により、環境中への残留の程度を低減するための措置が規定されている(経済産業省, 2008a)。第一種特定化学物質と比較すると、管理しながら使用することが許容されている物質群であると言える。

つまり、第一種特定化学物質は、第二種特定化学物質よりも相当に規制が厳しいと言える。よって、第一種特定化学物質の予備軍である第一種監視化学物質は、第三種監視化学物質より環境に放出された際に懸念される影響(環境リスク)の高い物質であると判断した。また、本資料の作業対象物質としては、生態毒性が既に判明している第三種監視化学物質よりも、毒性が基本的には不明である第一種監視化学物質を対象とする方が、新奇性が高く、学術的にも社会的にも意義深いと考えられた。よって、当物質群を本資料におけるスクリーニング作業の候補とした。

3. 新規残留性化学物質候補のスクリーニング作業

仮に作業対象物質(本資料の場合は化審法の第一種監視化学物質)が限られたものとしても、その全ての物

質の特徴を把握し、環境に放出された際に懸念される影響（環境リスク）を見通し、対策の優先順位を付けるのは容易ではない。

この種の作業は、どちらかと言えば化学物質管理行政の中で行われがちな作業であり、作業自体も大規模になりがちであるし、学術以外の社会的な要因も作業に影響を与えがちである。そのため、国内でも海外でも、統一的方法論や哲学を見通せる学術的な事例を探すのは容易ではない。その中でMuir et al. (2004) は、主にカナダでの数万種の化学物質スクリーニング作業の方法論を解説している。ここでは、まず物質の製造量によってふるいわけした後、生物濃縮性や分解性によるランキングを行うという比較的シンプルな方法論が展開されており、この点で学ぶべき点が多い。ただし、本資料で対象としたいのは主として沿岸域での生態系保全を意識したスクリーニングであり、より幅広いトータルとしての環境を意識しているMuir et al. (2004) の方法論を直接活用することはできない。

本格的な作業を開始する前に、各物質の物性（融点、沸点、飽和蒸気圧、常温での性状など）、分子量、構造式、生物濃縮性、分解性、実測された毒性、推定された毒性、製造量などを一覧表とし、どの指標を用いれば環境リスクの大きさを表現できるか、試行錯誤を繰り返した。その結果、既往の化学物質管理の事例（例えば化審法そのものなど）と照らし合わせても論理的に整合しており、現実的な方法として考え出されたのが以下に示す作業方針である。

3.1 作業前の母集団（第一種監視化学物質）

化審法の定める第一種監視化学物質を、公示されている通り番号順に以下に列挙する（独立行政法人製品評価技術基盤機構, 2009a）。

一番号につき一物質対応になっているものが多いが、11) 12) 13) 19) 21) など複数の化合物を指している番号もあることに注意を要する。

以下、この通り番号のことを「項目」と称することとする。

- 1) 酸化水銀(II)
- 2) 1-tert-ブチル-3,5-ジメチル-2,4,6-トリニトロベンゼン
- 3) シクロドデカ-1,5,9-トリエン
- 4) シクロドデカン
- 5) 1,2,5,6,9,10-ヘキサプロモシクロドデカン
- 6) 1,1-ビス(tert-ブチルジオキシ)-3,3,5-トリメチルシクロヘキサン

- 7) テトラフェニルスズ
- 8) 1,3,5-トリプロモ-2-(2,3-ジプロモ-2-メチルプロポキシ)ベンゼン
- 9) O-(2,4-ジクロロフェニル)=O-エチル=フェニルホスホノチオアート
- 10) 1,3,5-トリ-tert-ブチルベンゼン
- 11) ポリプロモピフェニル(臭素数が2から5のものに限る。)
- 12) ジベンテンダイマー又はその水素添加物
- 13) 2-イソプロピルピシクロ[4.4.0]デカン又は 3-イソプロピルピシクロ[4.4.0]デカン
- 14) 2,6-ジ-tert-ブチル-4-フェニルフェノール
- 15) ジイソプロピルナフタレン
- 16) トリイソプロピルナフタレン
- 17) 削除
(2007年まで 2-(2H-1,2,3-ベンゾトリアゾール-2-イル)-4,6-ジ-tert-ブチルフェノールが登録されていたが、第一種特定化学物質へ昇格したため削除され、欠番となった)
- 18) 2,4-ジ-tert-ブチル-6-(5-クロロ-2H-1,2,3-ベンゾトリアゾール-2-イル)フェノール
- 19) 塩素化パラフィン(C11, 塩素数 7~12)
- 20) ジエチルピフェニル
- 21) 水素化テルフェニル
- 22) ジベンジルトルエン
- 23) トリエチルピフェニル
- 24) N,N-ジシクロヘキシル-1,3-ベンゾチアゾール-2-スルフェンアミド
- 25) 2-(2H-1,2,3-ベンゾトリアゾール-2-イル)-6-sec-ブチル-4-tert-ブチルフェノール
- 26) 2,4-ジ-tert-ブチル-6-[(2-ニトロフェニル)ジアゼニル]フェノール
- 27) ペルフルオロ(1,2-ジメチルシクロヘキサン)
- 28) 2,2',6,6'-テトラ-tert-ブチル-4,4'-メチレンジフェノール
- 29) ペルフルオロドデカン酸
- 30) ペルフルオロトリデカン酸
- 31) ペルフルオロテトラデカン酸
- 32) ペルフルオロペンタデカン酸
- 33) ペルフルオロヘキサデカン酸
- 34) ペルフルオロヘプタン
- 35) ペルフルオロオクタン
- 36) 2,2,3,3,4,4,5-ヘプタフルオロ-5-(ペルフルオロブチル)オキシラン又は 2,2,3,3,4,4,5-ヘプタフルオロ-4-(ペルフルオロブチル)オキシラン

37) 4-sec-ブチル-2,6-ジ-tert-ブチルフェノール

3.2 製造・輸入量によるふるい分け

スクリーニングの第一段階として、製造量によるふるい分けを考える。

化審法は、第一種監視化学物質に対して、「合計 1 t 以上の化学物質については物質名と製造・輸入数量を公表する」と定めている。よって、製造・輸入量が 1 t 以上の第一種監視化学物質については、毎年の製造・輸入量が容易に入手できる状態にある(経済産業省, 2008b)。また、この公表情報に物質名が記載されていなければ、その物質の製造・輸入量は 1 t 以下である。

製造・輸入量が 1 t 未満の物質や、数十 t 程度以下の物質は、それ以上の物質(例えば、製造・輸入量が最も大きい 1,2,5,6,9,10-ヘキサブプロモシクロドデカン(HBCD)は製造及び輸入量が 3206 t である)と比較すると、環境に与えるインパクトは概ね少ないだろうと考えられる。したがって、本資料では、輸入・製造量 10 t 未満の物質を検討の対象外とすることとした。

このふるい分けにより、化審法の定める第一種監視化学物質の全 36 項目から、以下の 27 項目を除外する。

- 1) 酸化水銀(II)
- 2) 1-tert-ブチル-3,5-ジメチル-2,4,6-トリニトロベンゼン
- 4) シクロドデカン
- 6) 1,1-ビス(tert-ブチルジオキシ)-3,3,5-トリメチルシクロヘキサン
- 7) テトラフェニルスズ
- 8) 1,3,5-トリプロモ-2-(2,3-ジプロモ-2-メチルプロポキシ)ベンゼン
- 9) O-(2,4-ジクロロフェニル)=O-エチル=フェニルホスホノチオアート
- 10) 1,3,5-トリ-tert-ブチルベンゼン
- 11) ポリプロモピフェニル(臭素数が 2 から 5 のものに限る。)
- 12) ジベンテンダイマー又はその水素添加物
- 13) 2-イソプロピルピシクロ[4.4.0]デカン又は 3-イソプロピルピシクロ[4.4.0]デカン
- 14) 2,6-ジ-tert-ブチル-4-フェニルフェノール
- 16) トリイソプロピルナフタレン
- 19) 塩素化パラフィン(C11, 塩素数 7~12)
- 20) ジエチルピフェニル
- 23) トリエチルピフェニル

- 25) 2-(2H-1,2,3-ベンゾトリアゾール-2-イル)-6-sec-ブチル-4-tert-ブチルフェノール
- 26) 2,4-ジ-tert-ブチル-6-[(2-ニトロフェニル)ジアゼニル]フェノール
- 27) ペルフルオロ(1,2-ジメチルシクロヘキサン)
- 29) ペルフルオロドデカン酸
- 30) ペルフルオロトリデカン酸
- 31) ペルフルオロテトラデカン酸
- 32) ペルフルオロペンタデカン酸
- 33) ペルフルオロヘキサデカン酸
- 35) ペルフルオロオクタン
- 36) 2,2,3,3,4,4,5-ヘプタフルオロ-5-(ペルフルオロブチル)オキシラン又は 2,2,3,3,4,4,5-ヘプタフルオロ-4-(ペルフルオロブチル)オキシラン
- 37) 4-sec-ブチル-2,6-ジ-tert-ブチルフェノール

3.3 環境放出性の有無による絞り込み

(1) 熱媒体としての使用

化審法の定める第一種監視化学物質の中には、熱媒体として使用されている物質が複数含まれている。

熱媒体は、スチーム加熱の限界を超える 200 以上の高温領域で使用できることから、油脂工業、合成樹脂工業、石油化学工業、繊維工業等で数万トンが使われ、これらの産業を支えている。最近では、省エネルギーや地球環境保全の観点から、熱媒体の応用分野はさらに拡大しており、熱媒体の種類としては、フッ素系、シリコン系、鉱油系等もあるが、優れた熱安定性と経済性を考慮した場合、合成系有機熱媒体に勝るものはない。

一般に合成系熱媒体は、安定性が高いことから、環境中に残存しやすいものと考えられている。化審法の既存化学物質の安全性点検の中で、生分解性および生態への蓄積性が調査されている。その結果、主要製品の成分のうち、ジイソプロピルナフタレン、水素化テルフェニル、ジエチルピフェニル、ジベンジルトルエン、トリエチルピフェニルの 5 物質が第一種監視化学物質に指定された。

合成系有機熱媒体の中には、第一種監視化学物質として指定された物質以外にも安定な構造を持つものが数多くあり、これらが環境中に放出された場合、分解されずに長期間残存することも予想される。このことから、上記 5 物質と同様に、全ての合成系有機熱媒体の環境中への放出を抑えることが必要と考えられている。

熱媒体は基本的には閉鎖利用されるものであり、製造時・廃棄時に適正に管理されれば環境への放出を最小限に抑えることができるはずである。熱媒体の業界団体もこの点に対する取り組みを開始しており、化成品工業協

会熱媒体自主管理委員会（2008）は以下のような声明を公表している。

合成系有機熱媒体の生産は、製造から出荷まで十分に管理され、かつ、密閉化された設備で行っております。また、製造設備の保全については、定期的に保守、点検、整備等を充分行っており、製造プロセスの管理には万全を期しております。さらに、工程および品質管理についても、最新の技術を取り入れて随時見直しております。工場の運営に当たっては、一般環境および作業環境の保全に関する法令を遵守しており、人や環境への暴露はありません。

しかしながら、第一種監視化学物質については、製造段階だけではなく、物流、使用、廃棄というすべてのステージにおけるリスク管理が求められているため、その他の合成系有機熱媒体をも含め、製造から廃棄に至る全ライフサイクルで、リスク低減に向けた自主的な管理を推進することが急務であると認識しています。

このため、平成16年8月、製造・輸入会社4社が化成品工業協会内に熱媒体自主管理委員会を発足させました。本委員会は、法令の遵守はもとより、合成系有機熱媒体の製造・輸入者のみならず、その使用者を含めたサプライチェーン全体で自主的なリスク管理を継続的に進めるべく、使用者への暴露管理の指導、情報提供などの活動を推進中であります。以下に具体的なリスク管理項目と経過報告を示します。

リスク管理

1. 熱媒体用途については、気密性を持った閉鎖系の設備内で使用される場合のみ販売する。
2. 劣化油の不適切な処理による環境中への排出を防止するため、使用者に対し、焼却等の適正な処理を指導する。
3. 劣化油の再生処理は指定した事業所でのみ実施し、環境中へ排出されることがないように管理する。
4. 熱媒体の使用・管理状況について、年一回、使用者から報告を受ける。
5. 不測の事態等により熱媒体が環境中に排出された場合は、使用者から直ちに報告を受け、必要な助言を行う。
6. 1～5の内容について、使用者と確認書を取り交わす。

7. 熱媒体の適正な使用方法、使用設備について記した取扱いマニュアルを作成し、使用者に配布する。
8. 関係法令を遵守し、使用者に常に最新の情報を継続して提供し、環境および人への暴露防止に努め、環境保全と安全確保のための活動を推進する。

経過報告

リスク管理のための対応策の進捗状況は、12ヶ月毎に化成品工業協会のホームページを通じて公表する。

よって、熱媒体としてのみ利用される以下の2物質をここで除外する。

- 21) 水素化テルフェニル
- 22) ジベンジルトルエン

なお、15) ジイソプロピルナフタレンも熱媒体として使用されるが、熱媒体以外の用途にも相当量利用されている（経済産業省、2008b）ため、ここでは除外しない。

(2) 工業原料としての使用

シクロドデカ-1,5,9-トリエンは合成繊維原料や可塑剤として利用される（独立行政法人製品評価技術基盤機構、2009b）。工業原料としてだけ使用されるのであれば、環境放出の機会が少ないと考えることができるが、可塑剤として使用される場合、環境放出を懸念する必要があるかもしれない（内分泌攪乱物質（環境ホルモン物質）として大きな関心を集めた物質のうち、フタル酸エステルとビスフェノール A はともに可塑剤として用いられる）。よって、この物質はここでは除外しない。

ここまで、化審法の第一種監視化学物質に対して、製造・輸入量情報（10t以上）と環境放出性の有無に関する情報（使用用途情報）でふるい分けを行ってきた。その結果、検討対象として残った7物質を以下に列記する。

- 3) シクロドデカ-1,5,9-トリエン
- 5) 1,2,5,6,9,10-ヘキサプロモシクロドデカン
- 15) ジイソプロピルナフタレン
- 18) 2,4-ジ-tert-ブチル-6-(5-クロロ-2H-1,2,3-ベンゾトリアゾール-2-イル)フェノール
- 24) N,N-ジシクロヘキシル-1,3-ベンゾチアゾール-2-スルフェンアミド
- 28) 2,2',6,6'-テトラ-tert-ブチル-4,4'-メチレンジフェノール

34) ペルフルオロヘプタン

スクリーニングの前半において、化学物質そのものの特性（環境中半減期、濃縮性、毒性など）を反映しないふるい分けを行うことには批判があるかもしれない。たとえば、水俣病を引き起こしたチッソ水俣工場からのメチル水銀排出量は1年あたり最大で100kg程度であった（西村ら、2006）。製造・輸入量10tでふるい分けてしまうのであれば、水俣病は防げないことになる。しかも、メチル水銀は非意図的な反応生成物であったため、そもそも製造・輸入量の統計データでは把握できない。

しかし、水俣病が多発していた'50-'60年代と現代の化学物質管理政策は大きく異なり、メチル水銀のような、極微量で強い毒性を持つ物質は既に発見され、強い規制下にあるのが現実である。このような状況下であるからこそ、膨大な数にのぼる未規制物質に対しては、まず製造・輸入量や環境放出性でふるい分けするのが現実的であると考えられる。実際、化審法の運用自体が製造・輸入量に大きな優先度を置いているし、Muir et al. (2004)の方法論も同様である。

3.4 化学物質の特性の把握と作業結果の解釈

掘り下げて検討したい物質を絞り込んだところで、個々の物質の情報収集に入る。まず、それぞれの物質を特定するための番号（CAS登録番号）を取得し、この番号を用いて、分解性、濃縮性、毒性などの実測値と推定値を取得する。

(1) CAS登録番号の取得

「CAS登録番号」は原語ではCAS Registry Numbersであり、CAS番号とも呼ばれる（American Chemical Society, 2009）。多種多様な化学物質を特定する番号として、最も広く用いられているものである。CAS登録番号と化学物質は基本的には一対一対応しており、重複登録はなされない。ただし、異性体は別番号、混合物も独自の番号を持ちえることなどに注意を要する。

そもそも、化学物質の命名は難しい問題である。言葉で表現する場合、現実には慣用名やIUPAC名（International Union of Pure and Applied Chemistry（国際純正・応用化学連合）が定める命名法による名称）などが混在して使われ、一つの化学物質に対するポピュラーな名称が複数あることは珍しくない。構造が簡単な物質なら、元素組成を組成式（例：水 = H_2O ）で示すことは可能だが、構造が複雑な物質になると判読困難で実用的ではない。構造式を用いれば分子構造がある程度明示できるが、言葉と

しては発音できない。このような問題を乗り越え、個々の化学物質を確実に特定するためには、物質と一対一対応したコード番号を用いるのが良い。これが、特に多種多様な化学物質を管理する局面で、CAS登録番号が頻繁に用いられる大きな理由である。

CAS登録番号はアメリカ化学会（American Chemical Society, ACS）の発行する学術誌 *Chemical Abstracts*（国内では「ケミアブ」と略されることもある）が化学物質に割り当てている登録番号であるが、現在では *Chemical Abstracts* 誌のみならず一般的に用いられるようになってきている。CAS登録番号の登録業務や検索サービスを行っているのは、ACSの一部門（division）である *Chemical Abstracts Service*（CAS）である。

本資料で検討する物質群の場合、化審法の運用支援業務を行っている独立行政法人製品評価技術基盤機構（NITE, <http://www.nite.go.jp/>）が情報をよく取りまとめており、各物質のCAS登録番号もNITEホームページから容易に取得することができる。具体的には、化学物質総合情報提供システム（Chemical Risk Information Platform, CHRIP, <http://www.safe.nite.go.jp/japan/db.html>）にアクセスし、「化学物質総合検索システム」「個別リスト一覧表示」と進み、「化審法監視化学物質及び指定化学物質」を選択すると良い。

また最近、NITE、厚生労働省、経済産業省と環境省が共同で、化審法データベース（J-CHECK, <http://www.safe.nite.go.jp/jcheck/>）を整備している。ここでも同様の検索が可能である。

なお、本資料の範囲を超えて、まだ良く知られていない化学物質について同様の検討を実施したい場合、第一にすべきことはCAS登録番号の取得である。この検索にあたっては、独立行政法人科学技術振興機構（JST, <http://www.jst.go.jp/>）が公開している日本化学物質辞書 web（<http://nikkajiweb.jst.go.jp/>）、試薬販売会社のカタログ web サイト（例：<http://www.siyaku.com/>、<http://www.kanto.co.jp/catalog/>、<http://www.sigmaaldrich.com/catalog/AdvancedSearchPage.do>）、化学専門ソフトウェア会社の検索サービス（例：<http://chemfinder.cambridgesoft.com/>）などのデータベースが利用可能である。また、以上の検索では適切な結果が得られない場合、一般的なインターネット web 検索（例：Google, Yahoo! など）で検索ワードを「（当該物質名）CAS」と設定することで容易に妥当な結果が得られることもある。いずれにせよ、これらの情報の信頼性は保証されていないので、取得したCAS登録番号が本当に自分の知りたい物質を示しているかどうか、CAS登録番号から逆検索を行うなどして、検索結果の妥当性を

入念にチェックする必要がある。

(2) 分解性、濃縮性、毒性などの実測情報の取得

環境に放出された化学物質が生態系にどのような影響を与えるかを検討するためには、個々の化学物質の分解性、濃縮性、毒性などの情報を揃える必要がある。

ここで、本資料でのこれらの語義を整理する。

- **分解性**とは、化学物質が環境中で、化学的な反応や、あるいは微生物の作用によってどの程度分解されるかを指す。残留性の逆の意味である。
- **濃縮性**とは、例えば、海水から魚類の体内に化学物質が移行する際に、魚体内濃度÷海水中濃度がどの程度の大きさになるかを示す数値であると考えるのが良い（本資料では主にこの例の意味で用いる）。

また、さらに上位の生物（例えば魚類からトリなど）へ化学物質が移行する際にも濃縮が起こるため検討を要するが、これは本資料の枠外のテーマになるため、本資料ではこの濃縮については積極的に採り上げない。

- **毒性**とは、化学物質濃度がどの程度になれば対象生物（例：魚類や甲殻類など）に影響（例：対象生物の死亡など）が出現するかを示す尺度である。低濃度で影響が出現するなら、その物質は毒性が強いことになる。

例えば魚類への化学物質の影響を考える場合、対象魚類の半数が死に至るのは水中濃度がどの程度の時か（この時の濃度を半数致死濃度と呼び、LC50（50% Lethal Concentration）と略称する）が、毒性を示す値として一般に採用される。

実験的にこの毒性を把握する場合、対象生物をどの程度の時間、毒物に曝露させるかを設定する必要がある。おおむね1週間以内に設定された期間で得られた毒性値を急性毒性（例：48時間で得られたLC50であれば、48時間LC50）と呼び、それ以上であれば慢性毒性と呼ぶ。「慢性」に相当する期間であるが、比較的短い（たとえば1~2週間程度）の場合、亜急性毒性・亜慢性毒性と呼ぶこともある。

これらの情報を多く取得することができれば、化学物質の環境影響をより正しく見積もることができる。できるだけ様々な条件の分解試験の結果が、様々な生物に対する濃縮性試験や毒性試験の結果があることが望ましい。

しかし、今現在利用されている多様な化学物質の多くに対して、この種の情報は極めて限られているのが現状

である。したがって、まだ良く知られていない化学物質について検討する際には、これらの情報を収集することに相当な労力を使わざるを得ない。学術論文などを検索することが必要になる場合は多いし、どうしてもデータが得られない場合には独力で実験を行う必要があるかもしれない。

幸い、本資料で対象とする化審法の第一種監視化学物質は、これらの情報が部分的ではあるが既に取りまとめられており、NITEのwebサイト上で公開されている。具体的には、化学物質総合情報提供システム（Chemical Risk Information Platform, CHRIP, <http://www.safe.nite.go.jp/japan/db.html>）の「既存化学物質安全性点検データ」「番号や名称から検索」と進み、CAS番号の検索として既に検索したCAS登録番号を入力すれば良い。

(3) 分解性、濃縮性、毒性などの推定情報の取得

NITEのwebサイトから得られる実測値も、濃縮性はコイに対する値のみ、毒性はヒメダカに対する値のみであり、限定的である。他の生物に対してはどうなのか、また環境中の化学物質の挙動についてのその他の知見など、もっと情報を得ておきたいところである。そこで本資料では、実測で得られる情報に加えて、モデル推定から得られる情報をも検討対象とすることにした。

化学物質の濃縮性、毒性、環境挙動などを予測するモデルとしては、既にいくつかのものが利用可能になっている。今現在、その中で最も使いやすいのはPBT Profiler（Syracuse Research Corporation, 2006, <http://www.pbtprofile.r.net/>）であろう。これは、インターネットを経由して、化学物質の毒性などを無料で推定できるツールの名称であり、米国環境保護庁（U.S.EPA (Environmental Protection Agency)）と、この分野では著名なSyracuse Research Corp.が共同開発したものである。なお、PBTとは、Persistent（残留性）、Bioaccumulative（生物濃縮性）、and Toxic（毒性）の略である。

PBT Profilerは複数のモデルの集合体である。個々のモデルをインストールし、推定したい物質を入力し、結果を解釈していくのは労力を要する作業であるが、PBT Profilerを用いれば容易に、これらのモデルの「良いところ取り」ができるのが特徴になっている。

以下にPBT Profilerが利用しているモデル群の構成を示す。

- 水・土壌・底泥中半減期の推定モデルとして、BIOWIN（Boethling et al., 1994）を使用している。
- 大気・水・土壌・底泥の分配推定モデルとして、

- CAS番号を入力するだけ
- 推定結果：
 - 各環境媒体での半減期・分配比
 - 生物濃縮係数 (BCF: 水→魚の)
 - 魚の慢性毒性値
 - その他の物性などの推定情報

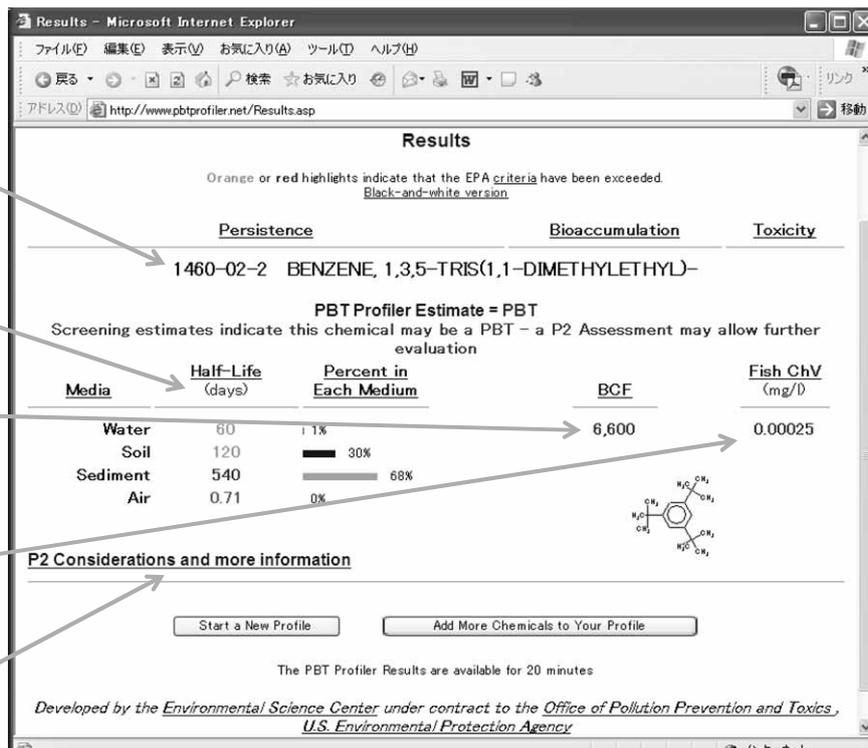


図-4 PBT Profiler による推定結果の表示画面

Mackey Level III (Mackay et al., 1992) を使用している。

- 残留性推定モデルとして、Trent Univ. の TaPL3 (<http://www.trentu.ca/academic/aminss/envmodel/models/TP300.html>) を使用している。
- 生物濃縮推定モデルとして、Syracuse Research Corp. の BCFWIN (Meylan et al., 1999) を使用している。
- 魚類の慢性毒性推定モデルとして、U.S.EPA の EC OSAR (http://www.epa.gov/oppt/newchems/tools/21ec_osar.htm) を使用している。

使い方は極めて簡単で、PBT Profiler の web サイトにアクセスし、注意書きに対して複数回承諾した後、現れた入力欄に結果を得たい化学物質の CAS 登録番号を入力するだけである。各環境媒体（水、土壌、底泥、大気）での半減期と分配比、水 魚類の生物濃縮係数 (BCF)、魚類の慢性毒性値、その他の物性情報等の推定結果がたどころに得られる（図-4）。

PBT Profiler には相当量の化学物質の CAS 登録番号が登録されていて、環境影響を及ぼしそうと思われる化学物質の CAS 登録番号を入力するとほとんどの場合には推定結果を出力してくる。しかし、このような検討の組上にまだ載っていない化学物質の CAS 登録番号を入力すると、結果が得られない場合がある。このような場合に

は、PBT Profiler の web サイト上で当該化学物質の構造式を描き、その情報を用いて推定させれば良い（図-5）。

構造式は一度 SMILES 記法 (Weininger, 1988) に自動的に変換されるが、推定作業全体の流れの中では SMILES 記法は中間的なものであり詳細に取り扱う必要がないため、本資料では省略する。なお、SMILES 記法を習得するには一定の努力が必要だが、それをスキップできる点も PBT Profiler の利点の一つである。

PBT Profiler は取り扱いと推定結果の解釈が非常に容易なツールであるが、得られる推定結果に対してはいくつかの注意点と限界があることを念頭に置いておく必要がある。

まず、得られる結果はデータベース照合された実測値ではなく、Quantitative Structure Activity (or Affinity) Relationships (QSARs: 定量的構造活性相関、化学物質の構造から物性・反応性・環境挙動・毒性等を推定する手法) を利用した単なるモデル推定値であることを忘れてはならない。QSARs は長足の進歩を遂げており、推定値と実測値がよく一致する場合もあるが、推定値が実測値から大幅にずれる場合もまだ多々ある。よって、この推定結果を直接的に環境規制等に用いてはならない。

また、魚類に対する毒性値は確かに得られるが、対象となる具体的な魚類や、いかなる影響か（死亡なのか行動阻害なのか）は明記されていないこと、無機物（重金

- PBT Profilerの利点：
CAS登録番号を入力するだけで、かなり多くの物質の推定値を出力してくる

- 番号を入れても物質が出てこない場合：

- サイト上で自分で構造式を描いて、
- SMILES記法の構造式に自動変換させれば推定可能
- (この物質の場合、C(C)(C)(C)c1cc(C(C)(C)C)cc(C(C)(C)C)c1)

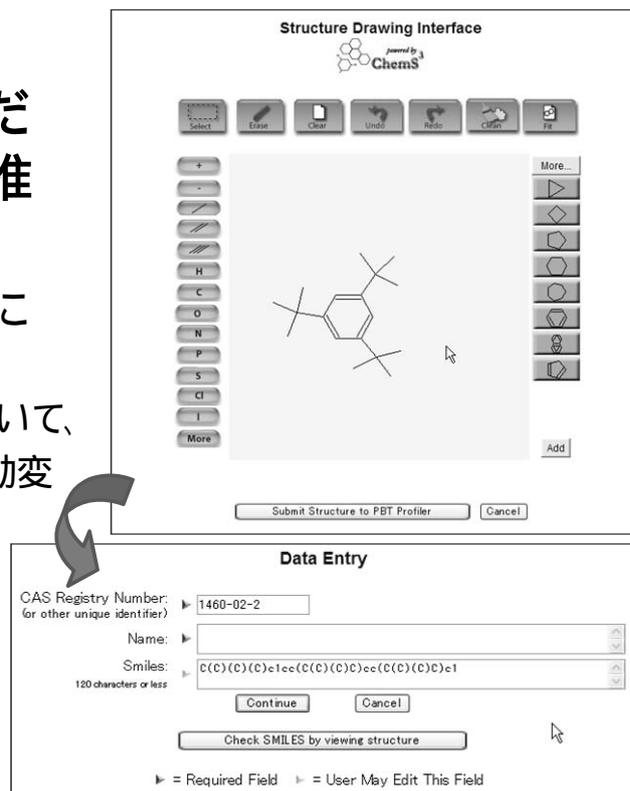


図-5 PBT Profiler に構造式を入力する方法

属含む)・反応性の高い物質・高分子化合物・界面活性剤・フッ素で大量に置換された化合物等については推定自体ができないこと、などの制限があるため注意を要する。

PBT Profiler 以外にも、化学物質の環境挙動や毒性を容易に推定できるツールはいくつか存在する。もっとも著名なのは U.S.EPA の EPI Suite (<http://www.epa.gov/oppt/exposure/pubs/episuite.htm>) であるが、正しく使いこなせるようになるには化学的な知識と若干の習熟が必要であるため本資料では省略する。また、国内での取り組みとして独立行政法人国立環境研究所の生態毒性予測システム KATE (<http://kate.nies.go.jp/>) が非常に注目されるが、運用を開始してまだ日が浅いため、これも本資料では省略する。

(4) スクリーニング結果と解釈

ここまで得た実測情報・推定情報を表-1 に整理した。対象物質は化審法の第一種監視化学物質のうち、製造・輸入量および環境放出量の有無で絞り込み済の 7 物質であり、製造・輸入量の多い順に配列している。

分解性(間接測定, 直接測定), ヒメダカ急性毒性, コイの最大濃縮倍率は NITE の既存化学物質安全性点検データから得たものである。

分解性(間接測定)は、微生物を含んだ液体(活性汚泥)中に当該化学物質を少量添加し、所定の時間後に酸素消費量を計測したものである。化学物質を添加しなくても酸素消費は起こるので、実際には、添加した場合の実験結果から添加しない場合の実験結果を差し引いた値を当該化学物質の分解性としている。化学物質を添加したことで酸素消費量が増加すれば、その物質は微生物によって分解されたことになる。一方、分解性(直接測定)は、微生物による分解量を計測機器(GC: ガスクロマトグラフ, HPLC: 高速液体クロマトグラフ)によって直接的に計測した結果であり、間接的な酸素消費量の測定(とその差し引き)よりも、高感度な結果が得られるのが特徴である。いずれも、数値が小さいほど、環境中での残留性が高いことを示す。

ヒメダカ急性毒性は、様々な濃度の当該物質溶液の中に毒性試験用の特定種のヒメダカを複数匹ずつ放ち、所定の時間後(48 時間後もしくは 96 時間後)に死亡した匹数を数え、いかなる溶液濃度(mg/L)であればヒメダカが半分死亡するかを計算で求めた値である。数値が小さいほど、より低濃度で死亡することを示すことになり、よって毒性が高いことになる。

コイの最大濃縮倍率は、様々な濃度の当該物質溶液の中に特定種のコイを複数匹放ち、所定の時間後にコイ体

表-1 実測情報・推定情報を用いた暫定的なランキング

官報 公示 整理 番号	CAS 番号	官報公示名称	製造+ 輸入 量(t, H19d)	分解性 (間接 測定 (BOD))	分解性 (直接 測定 測定法)	ヒメダカ 急性 毒性 (mg/L) /(順位)	コイの 最大濃 縮倍率 (順位)	PBT Profiler による推定値							順位 の平均 値	主な用途
								魚類慢性 毒性 (mg/L) /(順位)	生物濃 縮倍率 (順位)	水中 半減 期 (日)	土壌 半減 期 (日)	底泥 半減 期 (日)	大気 半減 期 (日)	分配比(%) 水/土壌/ 底泥/大 気		
3- 2254	3194- 55-6	1,2,5,6,9,10-ヘキサプロモシク ロドデカン	3206	1%	5-6% HP LC	>250** (7)	16100 (1)	0.00062 (1)	6200 (5)	60	120	540	3.2	1 / 37 / 62 / 0	3.5	難燃剤、接着剤の 硬化促進剤
5-256	4979- 32-2	N,N-ジシクロヘキシル-1,3-ベン ゾチアゾール-2-スルフェンアミド	3048	0%	3% HP LC	>130* (6)	7700 (7)	0.012 (5)	7600 (4)	38	75	340	0.14	4 / 43 / 53 / 0	5.5	ゴム製品等の加硫 剤
4-961	38640- 62-9	ジソプロピルナフタレン	780	0%	8% GC	2.44 (3)	7800 (6)	0.006 (4)	9600 (3)	38	75	340	0.24	3 / 41 / 55 / 0	4.0	感圧紙溶剤、熱媒 体、溶剤
5- 3581 5-	3864- 99-1	2,4-ジ-tert-ブチル-6-(5-クロロ- 2H-1,2,3-ベンゾトリアゾール- 2-イル)フェノール	476	0%	1% GC	>25 (5)	9000 (4)	0.0013 (2)	15000 (2)	60	120	540	1.2	1 / 43 / 55 / 0	3.3	紫外線吸収剤
3- 2239	4904- 61-4	シクロドデカ-1,5,9-トリエン	316	0%	0% GC	0.116* (1)	14800 (2)	0.015 (6)	3400 (6)	15	30	140	0.02	13 / 46 / 41 / 0	3.8	繊維・樹脂等の原 料、可塑剤
4-39	118- 82-1	2,2',6,6'-テトラ-tert-ブチル- 4,4'-メチレンジフェノール	202	0%	2.7% HP LC	>0.15 (2)	13000 (3)	Not Esti- mated (7)	43 (7)	180	360	1600	0.46	1 / 45 / 54 / 0	4.8	ゴム・樹脂・潤滑油 等の酸化防止剤
2- 2366	335- 57-9	ペルフルオロヘプタン	94	6%	0% GC	>20 (4)	8740 (5)	0.0017 (3)	48000 (1)	180	360	1600	180	1 / 0 / 97 / 1	3.3	有機フッ素化合物 (撥水・潤滑・難 燃・消火剤等)

・ヒメダカ急性毒性について：* 印は48TLm値，** 印はLC50値(48時間)，それ以外はLC50値(96時間)。
・順位が小さい値であるほどリスクが高い。

内の当該化学物質濃度を測定して、水中濃度に対して何倍になっているかを計算したものである。実際には当該物質の水中濃度の違いやコイの個体差によって幅のある値が得られるが、本資料ではその中の最大値を採用した。数値が大きいかほど濃縮性が高いことになる。

PBT Profiler (Ver 1.203) による推定値としては、魚類慢性毒性、生物濃縮倍率、水中・土壌中・底泥中・大気中半減期、水/土壌/底泥/大気の分配比を採用した。魚類慢性毒性と生物濃縮倍率については、基本的な考え方はヒメダカ急性毒性・コイの最大濃縮倍率の実測値と同様であるが、毒性については急性毒性ではなく慢性毒性（一般的には数週間～十数週間以上の飼育が必要）であり、魚種が特定されていないこと、生物濃縮倍率についても同じく魚種が特定されていないことに注意を要する。半減期は、各環境媒体（水・土壌・底泥・大気）の中に当該化学物質を放出した際に、分解や他媒体への移動によって濃度が半分になるまでに何日かかるかをモデル推定した値で、値が大きいかほど消失までにかかる時間が長いことを意味する。分配比もモデル推定された値で、環境中に当該化学物質を放出した際に、どの環境媒体に何%移行することになるかを示している。

毒性値と濃縮倍率には、リスクが大きいかものから順に順位（括弧内）を併記した。また、これらの4項目の順位を算出し、表-1の右側に記した。

このようにして見てみると、まず目につくのは、多くの物質の底泥中半減期が約1年以上と推定されているこ

とである。つまり、これらの物質がひとたび環境中に放出され底泥に移行すれば、長期にわたり水系汚染を引き起こす恐れがあることを意味している。逆に、底泥中半減期が1年を超えないシクロドデカ-1,5,9-トリエンは、微生物分解性は非常に悪いながらも、他媒体（主に水）への移行によって底泥半減期が短くなっていることが見て取れる。水に移行しやすい化学物質は、沿岸域の場合、比較的容易に希釈されやすい。したがって、常時大量に排出されない限り、この物質は沿岸環境と生態系にとってはそれほど深刻な化学物質ではない、という判断ができそうである。

毒性と濃縮性については、実測値と推定値を比較すると、大きさや程度がマッチするものもあるが、大きくかけ離れているものもあり、解釈が難しい。推定値はモデル推定であるから、推定の誤差等の問題が起こっている、と結論付けるのは早計である。なぜなら、実測値は多様な生物種のうち一部（ヒメダカとコイ）でしか得られていないためである。他の生物種で実験を行ってみると、推定値に近い値が得られる可能性は十分にある。よって、この解釈の難しさを乗り越えるために、実測値と推定値の重みは均一とし、これらの相対順位を算出して比較することとした。以下、この値の小さい順（＝ランキングが高い順）に物質を解釈していくこととする。
・2,4-ジ-tert-ブチル-6-(5-クロロ-2H-1,2,3-ベンゾトリアゾール-2-イル)フェノール（紫外線吸収剤、順位の平均値：3.3）

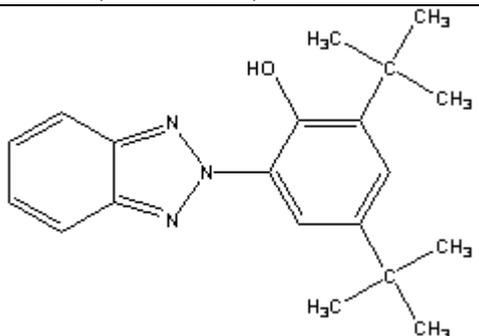
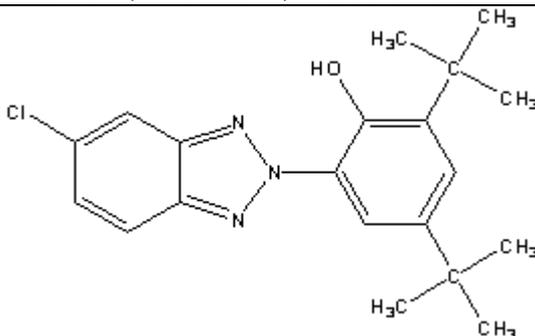
CAS 登録番号	3846-71-7	3864-99-1
化学商品名	UV-320, Tinuvin 320, Eversorb 77 など	UV-327, Tinuvin 327, Eversorb 75 など
構造式		
ヒメダカ毒性試験	500 mg/L (48TLm 値)	25 mg/L (LC50(96hr))
生物濃縮係数	4800 (PBT Profiler による推定値)	15000 (PBT Profiler による推定値)
魚の慢性毒性値	0.003 mg/L	0.0013 mg/L
製造・輸入量	117トン	753トン
用途	工業用紫外線吸収剤	工業用紫外線吸収剤
化審法での位置付け	第一種特定化学物質	第一種監視化学物質

図-6 CAS: 3846-71-7 と CAS: 3864-99-1 との比較

注) 製造・輸入量は 2004 年度の情報。

・ペルフルオロヘプタン (有機フッ素化合物 (フッ素系撥水剤), 順位の平均値: 3.3)

製造・輸入量と分解性情報も加味して考えると, この 2 つのうちでよりリスクが高いのは 2,4-ジ-tert-ブチル-6-(5-クロロ-2H-1,2,3-ベンゾトリアゾール-2-イル)フェノール (CAS: 3864-99-1) ということになるだろう。

この物質に構造が非常に類似している紫外線吸収剤に, 2-(2H-1,2,3-ベンゾトリアゾール-2-イル)-4,6-ジ-tert-ブチルフェノール (CAS: 3846-71-7) がある。この物質もかつては化審法の第一種監視化学物質であったが, 再評価の結果, 2007 年 10 月に第一種特定化学物質に昇格することとなり, 実質的に製造・輸入が禁止された。この二物質を比較してみる (図-6) と, CAS: 3846-71-7 よりも, CAS: 3864-99-1 は実測毒性 (ヒメダカ急性毒性) が強く, 推定生物濃縮係数が大きく, 推定魚類慢性毒性も強いことが見て取れる。CAS: 3846-71-7 の第一種特定化学物質昇格の根拠はラットの慢性毒性が強かったことであった (環境省, 2005) ので, この結果と第一種特定化学物質への昇格とは矛盾しない。しかし, 第一種特定化学物質と類似構造を持ち, 恐らく生態影響がより強く, 製造量がより多い (CAS: 3846-71-7 の代替として使用され続ける可能性のある) CAS: 3864-99-1 については, 環境と生態系に与える影響に関して, 早急に検討せねばならないのではないかと考えられる。

・1,2,5,6,9,10-ヘキサブromoシクロドデカン (HBCD, 臭素系難燃剤, 順位の平均値: 3.5)

分解性は比較的良い (= 残留性は少し低い) が, 製造・

輸入量が相当に多いため, 沿岸環境と生態系に及ぼす影響について問題となる恐れがある。この物質は, 建築物用断熱材に配合される難燃剤として, およびカーテンなどの室内装飾品等の難燃材として使用されている。全世界において 15 千トン製造されている物質である。欧州連合指令 793/93/EEC によって優先化学物質リスクアセスメントが実施されている。また, 日本難燃材協会および使用業界が協力して, 検討会や自主規制, さらにはリスク評価を行っている (臭素科学・環境フォーラム日本, 2006)。このように, 化学物質リスク管理の対象として既に注目を集めており, 対応も開始されている。しかし, これに代替できる適切な物質が存在せず, 国内での使用量削減には至っていないようである。

・シクロドデカ-1,5,9-トリエン (合成繊維原料・可塑剤, 順位の平均値: 3.8)

先に見たように底泥中半減期が 1 年未満であるため, スキップする。

・ジイソプロピルナフタレン (感圧紙用の溶剤・熱媒体・海外では農薬, 順位の平均値: 4.0)

目立ったリスク評価・リスク管理の動きはなく, 今後の検討対象となり得る物質である。

・2,2',6,6'-テトラ-tert-ブチル-4,4'-メチレンジフェノール (酸化防止剤, 順位の平均値: 4.8)

・N,N-ジシクロヘキシル-1,3-ベンゾチアゾール-2-スルフェンアミド (主に自動車タイヤに添加される加硫剤, 順位の平均値: 5.5)

• 今後、問題を引き起こす恐れがあると考えられる物質：

- 1,2,5,6,9,10-ヘキサブロモシクロドデカン (HBCD)
 - 難燃剤 (特に住宅用断熱材用)
- 2,4-ジ-tert-ブチル-6-(5-クロロ-2H-1,2,3-ベンゾトリアゾール-2-イル) フェノール (UV-327, Tinuvin327)
 - プラスチック製品に添加される工業用紫外線吸収剤
- ジイソプロピルナフタレン
 - 感圧紙用溶剤、熱媒体
- N,N-ジシクロヘキシル-1,3-ベンゾチアゾール-2-スルフェンアミド
 - 自動車タイヤ用添加剤：一応の初期リスク評価が終わっている

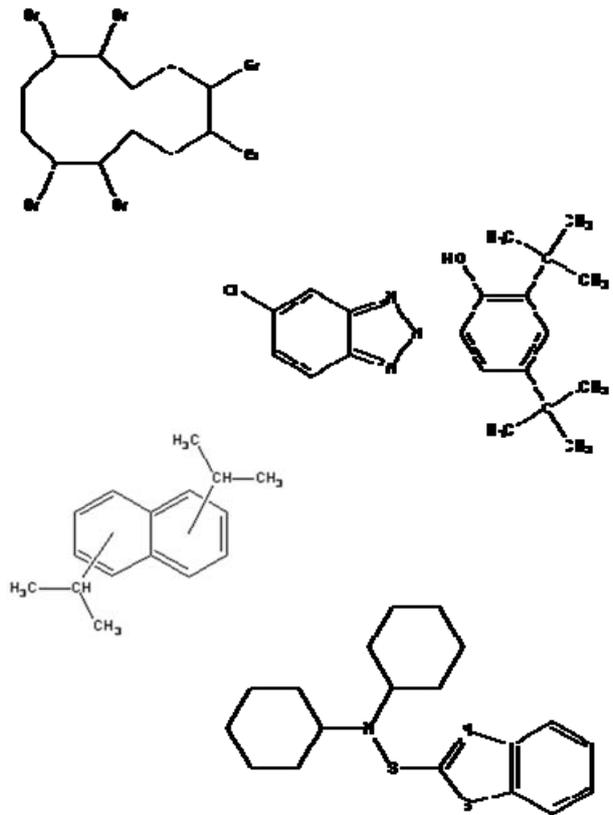


図-7 化審法の第一種監視化学物質の中で、今後、沿岸環境と生態系に影響を及ぼす恐れがある物質

製造・輸入量を考えると、このうち、N,N-ジシクロヘキシル-1,3-ベンゾチアゾール-2-スルフェンアミドは要検討である。この物質については、独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（2005）による初期リスク評価書が既に発行されている。各種毒性試験（染色体異常試験，AMES 試験，単回投与毒性試験，反復・生殖併合試験 (reprotox) 等）の結果，また，藻類（セテナストラム）の成長阻害試験については速度法と面積法の2種，甲殻類（オオミジンコ）については急性遊泳阻害と繁殖阻害のデータ等も入手でき，リスク評価，物性情報とともに比較的データが豊富である。

ここまでに見た，環境と生態系に及ぼす影響が大きいかもしれない新規残留性化学物質の候補4物質について，図-7に構造式付きで総括した。

3.5 問題点と今後の展開

本資料の作業の主眼は，多種多様な化学物質の中から少数の要検討物質を絞り込む点にあり，詳細な検討そのものを実施する点ではない。そのため，比較的ラフな絞

り込み（スクリーニング）方針で進むことができていますが，しかしそれでも，いくつかの問題点や議論すべき点が挙げられるだろう。

推定値自体の不確かさの問題．使うモデルやツールのバージョン変更によって，推定値自体が変動することが往々にしてあり得る．少なくともこのような作業を公表する場合，モデルやツールのバージョンは明記しておく必要がある．また，対象生物種の差異を反映している可能性はあるものの，実測で得られた値と推定値が大幅に異なる（特に毒性）ことがままたり，推定値のみを信頼して利用するのはまだまだ危険な印象である．推定値だけで進まざるを得ない場合，現状では厳にスクリーニング用途に限定すべきであろう。

環境中での化学物質の変化．モデル推定では，環境残留性が高い（環境中で安定）と信じられている物質の半減期が，予想外に短く推定される場合がある．この場合，実環境中では化合物の骨格は安定なのに，化合物末端だけの变化などの小規模な化学反応が起こり，モデル上では分解と判定されている場合が多い（この場合，モデル推定の方が当該化合物の環境安定性を厳格に解釈してい

て、当該化合物に対して一般に通用している環境安定性の理解が曖昧なのだと考えられる)。よって、本資料のように検討対象の物質セットをあらかじめ限定する場合には、その物質が環境中でどのような化合物に変化し、どんな構造になった状態が安定なのか、使用者自ら把握しておく必要があるかもしれない。

ターゲット生物種、毒性影響の種類が限定的。沿岸域で実際に問題になる底生生物やプランクトン類への影響は、現状ではモデル推定から得られるミジンコ毒性等から推測せざるを得ない。また現状では、食物連鎖の影響、内分泌攪乱・発ガンなど複雑な毒性は予測困難である。

推定自体ができない場合がある。モデルの特性によって、無機物(重金属含む)、反応性の高い物質、高分子化合物、界面活性剤、フッ素で大量に置換された化合物などに対するモデル推定ができない場合がある。

これらの問題点は将来的には克服されなければならないが、しかし、これらの問題を内包しつつもなお、本資料で述べた手法は有益であると考えられる。

何よりも、化学物質同士の特性(残留性や毒性等)の相対比較が容易に可能になるのは大きなメリットである。つまり今後、まだ特性が良く分かっていない化学物質が問題として浮上してきた時、これまで問題となった化学物質(例:ダイオキシン類、TBT など)と比較して、どの程度重大な問題なのか、また環境挙動のどの点が共通し、どの点が異なるのか(このことはどのような対策を取るべきかに直結する)、容易に検討できることになる。

また、本資料では化審法の第一種監視化学物質という限られた物質セットで議論を展開したが、この枠を押し広げ、例えば、知られている無数の化学物質のCAS登録番号を自動的にモデルに投入し、適切な基準(底泥への分配比、底泥での半減期、毒性、生物濃縮倍率)でふるい分け、実測値・使用量情報が得られる物質については照合を実施すると、「港湾・沿岸底泥に存在して欲しくない物質セットとそのランキング」をリストとして提示することが可能になるかもしれない。さらに、この作業を通じて、沿岸生態系に影響を及ぼしている、まだ認識されていない化学物質が発見できるかもしれない。

沿岸域での健全な生態系を創造し維持するためには、このようなことがもし可能になるならば非常に有益であることは間違いない。その可能性を追及する作業を、今後とも推進して参りたい。

4. 結論

対象化学物質セットを化審法の第一種監視化学物質に設定した上でスクリーニング作業を実施し、今後沿岸域生態系に悪影響を及ぼす恐れのある新規残留性化学物質の候補を絞り込んだ。具体的には、まず製造・輸入量と利用用途でふるい分けしておき、毒性・濃縮性の実測値とモデル推定値を総合した暫定ランキングをベースに、製造・輸入量、分解性、底泥への分配性を加味した検討を実施した。その結果、新規残留性化学物質の候補として数個の化合物をリストアップすることができた。それぞれの物質について既往の検討事例と環境リスク削減への取り組みを概観した。あわせて、この手法の問題点と今後の可能性を整理した。

5. あとがき

横浜国立大学との共同研究「陸起源化学物質が海域に与える環境インパクトに関する研究」(平成20-22年度)の中では、本資料は入り口の部分にあたる。今後、ここまで見えてきた方法論で絞り込んだ化学物質のいくつかについて、実際に環境レベルの測定を実施し、環境インパクトの評価を試みる予定である。また、本資料の方法論をもっと幅広い物質セットに適用し、化審法第一種監視化学物質以外の物質セットから将来問題になりそうな化学物質を抽出していく作業も検討していきたい。

こうした作業を通じて、現在の沿岸域・港湾での生態系の回復を妨げている物質が発見でき、その物質に対する有効な環境対策の検討への道が開けるであろう。このことは、沿岸域・港湾の視点から、何を改善したいのか、という明確な環境改善目標を設定しながら(つまり、単に社会的にこの化学物質が問題だから対策する、という表面的な対応ではなく)、沿岸域・港湾を効率的に環境改善していくことにつながっていくはずである。加えて、上記のような化学物質に配慮しながら干潟や浅場等の再生や造成を行うことを通じて、効果的に良好な沿岸環境・港湾環境と生態系、つまり「環境と共生する港湾」(運輸省港湾局、1994)を創造していくことにもつながっていくはずである。

過去を振り返ると、水銀にしてもダイオキシン類にしても内分泌攪乱(環境ホルモン)物質にしても、港湾・内湾で問題になる残留性化学物質問題は常に降って湧いたように発生し、大急ぎで、かつ大変な努力で対策を行い、落ち着いたかと思えばまた次の問題、という繰り返しであったように思われる。結果、本来は深いつながりがあるはずの沿岸域における化学物質対策と生態系保全は、深くリンクしないままここまで来てしまった。本資

料がこれまでの受動的な対応から能動的かつ戦略的な対応へ、そして化学物質対策を通じた生態系保全へ一歩踏み出す、その布石になることを願う。

(2009年4月21日受付)

謝辞

林 彬勲主任研究官(独立行政法人産業技術総合研究所安全科学研究部門)、鎌田素之准教授(関東学院大学工学部社会環境システム学科)からモデル推定に関していくつかの有益な御示唆を頂いた。ここに感謝の意を表したい。

参考文献

- 石渡恭之・山崎智弘・中村由行・小沼 晋・益永茂樹(2007): トリブチルスズ化合物の港湾堆積物から直上海水への回帰に関する実験, 第41回日本水環境学会年会講演集, p.273.
- 運輸省港湾局(1994): 環境と共生する港湾<エコポート>新たな港湾環境政策, 大蔵省印刷局, 87p.
- 化成工業協会熱媒体自主管理委員会(2008): 合成系有機熱媒体のリスク管理に係わる自主管理計画, 平成20年12月05日, http://www.kaseikyo.jp/pdf/info/090203_jisyu_kanri.pdf.
- 環境省(2002): 次世代のための化学物質対策 - 生態系をまもるために -, http://www.env.go.jp/chemi/seitai_pamph/index.html, 6p.
- 環境省(2004): 化学物質の審査及び製造等の規制に関する法律の概要, <http://www.env.go.jp/chemi/kagaku/kashinkaisei/gaiyou.pdf>.
- 環境省(2005): 前回第一種特定化学物質へ該当するか否かの審議審査シート, 資料1-2-2, 平成17年度第7回薬事・食品衛生審議会薬事分科会化学物質安全対策部会化学物質調査会, 化学物質審議会第49回審査部会及び第50回中央環境審議会環境保健部会化学物質審査小委員会合同会合, 平成17年11月18日, http://www.env.go.jp/council/05hoken/y051-50_1/mat03-1-2.pdf.
- 経済産業省(2008a): 化審法について, http://www.meti.go.jp/policy/chemical_management/03kanri/a1.htm.
- 経済産業省(2008b): 平成20年経済産業省告示第241号, http://www.meti.go.jp/policy/chemical_management/kasinhou/files/release/h20/kanpo-1-20081031.pdf. 以下に訂正あり: http://www.meti.go.jp/policy/chemical_management/kasinhou/files/release/h21/kanpo-20090306.pdf.
- 経済産業省・厚生労働省・環境省(2004): 逐条解説 化審法, <http://www.env.go.jp/chemi/kagaku/etc/tikujyo-faq.html>.
- 小沼 晋・小川文子・中村由行・益永茂樹(2008): 沿岸域・流域における新規環境汚染物質の探索, 第42回日本水環境学会年会講演集, p.547.
- 臭素科学・環境フォーラム日本(2006): 臭素系難燃剤HBCDのリスク管理に係る自主管理計画, 2006年1月1日, <http://www.bsfe-japan.com/index/files/20060101-HBCD.pdf>.
- 独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構(2005): 化学物質の初期リスク評価書 Ver. 1.0, No. 22, N-(tert-ブチル)-2-ベンゾチアゾールスルフェンアミド, <http://www.safe.nite.go.jp/management/data/22/initrisk.html>.
- 独立行政法人製品評価技術基盤機構(2003): 化学物質に関する各種規制制度と現行化審法の位置付け(イメージ), <http://www.safe.nite.go.jp/kasinn/pdf/itiduke.pdf>.
- 独立行政法人製品評価技術基盤機構(2009a): 第1種監視化学物質, 化審法監視化学物質及び指定化学物質, http://www.safe.nite.go.jp/data/sougou/pk_list.html?table_name=shitei&rank=1&sort=no.
- 独立行政法人製品評価技術基盤機構(2009b): 化学物質総合情報提供システム, <http://www.safe.nite.go.jp/japan/sougou/>.
- 内藤了二・浦瀬太郎・中村由行(2007a): 港湾域の底泥ダイオキシン類含有量による溶出量の推定, 土木学会論文集G, 第63巻, 第4号, pp.425-434.
- 内藤了二・中村由行・浦瀬太郎・金子尚弘(2007b): 港湾域の底泥中化学物質濃度と底生生物叢の関係, 環境工学研究論文集, 第44巻, pp.7-16.
- 内藤了二・中村由行・浦瀬太郎・奥村浩幸(2008): 名古屋港の港湾堆積物に含まれるPAH類の環境動態, 水環境学会誌, 第31巻, 第9号, pp.549-557.
- 中西準子・内藤 航・加茂将史(2008): 詳細リスク評価書シリーズ20 亜鉛(NEDO技術開発機構・産総研化学物質リスク管理研究センター共編), 丸善, 280p.
- ナカライテスク株式会社(2004): [豆知識] 化学物質の審査及び製造等の規制に関する法律(化審法), <http://www.nacalai.co.jp/mame/04-09.html>.
- 中村由行・山崎智弘(2004): 堆積物表層混合層と再懸濁層を考慮した化学物質の鉛直分布構造の解析, 港湾空港技術研究所報告, 第43巻, 第3号, pp.1-33.
- 中村由行・細川真也・三好英一・桑江朝比呂・小沼 晋・井上徹教(2005): メソコスム実験水槽を用いたアマモの生育限界光量に関する検討, 港湾空港技術研究

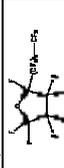
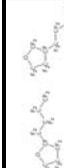
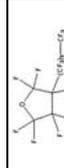
- 所資料, No.1108, 23p.
- 中村由行 (2006): 底質汚染評価のためのバイオアッセイ, 水環境学会誌, 第 29 巻, 第 8 号, pp.438-443 .
- 中村由行・山崎智弘・小沼 晋・加賀山亨・益永茂樹 (2006): 有機スズ化合物の港湾堆積物への吸着特性に関する実験, 港湾空港技術研究所報告, 第 45 巻, 第 4 号, pp.31-59.
- 西村 肇・岡本達明 (2006): 水俣病の科学 [増補版], 日本評論社, 375p.
- 山崎智弘・中村由行・加賀山亨・益永茂樹 (2005): 堆積物中に含まれる有機スズ類の水中回帰に関する現地調査, 海岸工学論文集, 第 52 巻, pp.971-975.
- 山崎智弘・中村由行・武井義之 (2006a): アウトカラム濃縮試料大量導入を用いた有機スズ化合物の分析, 第 15 回環境化学討論会講演要旨集, pp.644-645.
- 山崎智弘・中村由行・益永茂樹 (2006b): 港湾域における有機スズ化合物の存在特性と水中回帰に関する現地調査, 土木学会論文集 G, 第 62 巻, 第 3 号, pp.287-296.
- 山崎智弘・中村由行・益永茂樹 (2006c): 有機スズ化合物の海水中での懸濁粒子 - 水分配に関する現地調査, 用水と廃水, 第 48 巻, 第 11 号, pp.50-56.
- 山崎智弘・中村由行・加賀山亨・益永茂樹 (2007a): トリブチルスズ化合物の港湾堆積物への吸着特性, 水環境学会誌, 第 30 巻, 第 8 号, pp.449-455.
- 山崎智弘・益永茂樹 (2007b): 港湾堆積物からの化学物質溶出モデル, 海岸工学論文集, 第 54 巻, pp.1231-1235.
- American Chemical Society (2008): CAS Registers 40 Millionth Substance, CAS - Science Connections, <http://www.cas.org/newsevents/connections/derivative.html>.
- American Chemical Society (2009): CAS REGISTRYSM and CAS Registry Numbers, <http://www.cas.org/expertise/cascontent/registry/regsys.html>.
- Boethling, R.S., Howard, P.H., Meylan, W.M., Stiteler, W., Beaman, J., and Tirado, N. (1994): Group Contribution Method for Predicting Probability and Rate of Aerobic Biodegradation, *Environmental Science and Technology*, Vol.28, pp.459-465.
- Mackay, D., Paterson S., and Shiu, W.Y. (1992): Generic Models for Evaluating the Regional Fate of Chemical, *Chemosphere*, Vol.24, pp.695-718.
- Meylan, W.M., Howard, P.H., Boethling, R.S., Aronson, D., Printup, H., and Gouchie, S. (1999): Improved Method for Estimating Bioconcentration Factor (BCF) from Octanol-Water Partition Coefficient, *Environmental Toxicology and Chemistry*, Vol.18, pp.664-672.
- Mori, M., Sakamoto, N., Yamasaki, T., Nakamura, Y., and Hayashi, S. (2007): Biocondensation of Tributyltin (TBT) in Gammarids (*Amphipoda*) and Sea Algae (*Ulva*) in Estuaries, Abstract Volume of International Conference on Ecotoxicology and Environmental Sciences, p.31.
- Muir, D.C.G., and Howard, P.H. (2006): Are There Other Persistent Organic Pollutants? A Challenge for Environmental Chemists, *Environmental Science & Technology*, Vol.40, pp.7157-7166.
- Naito, R., and Nakamura, Y. (2007): Formulation and Application of the Guideline for Countermeasures against Dioxins in Japan, Proceedings of the Eighth International Conference on the Mediterranean Coastal Environment, MEDCOAST 07, Volume II.
- Syracuse Research Corporation (2006): PBT Profiler Ver 1.203, <http://www.pbtprofiler.net/>.
- Weininger, D. (1988): SMILES, a chemical language and information system. 1. Introduction to methodology and encoding rules, *Journal of Chemical Information and Computer Science*, Vol.28, pp.31-36.

付録 化審法の第一種監視化学物質一覧（検討に必要な情報付き）

沿岸域・河川流域で、今後問題になりそうな新規汚染物質は何か？ どちらかと言えば生態系保全を意識したい 化審法の第一種監視化学物質は良い候補になりそう
 化審法（化学物質の審査及び製造等の規制に関する法律）の定める第一種監視化学物質（＝難分解・高濃縮・ヒト毒性不明・生態影響不明）

CAS 番号	名称	構造式	環境省調査での検出頻度・レンジ				製造+輸入量 (t)	分解性		ヒダカ 急性 毒性 (mg/L)	コイの最大濃縮 倍率	魚類毒性 (mg/L)	PBT Profiler による推定値						主な用途 / 備考
			水質	底質	魚類	検出年		間接 測定 (BOD)	直接測定				水中 半減 期 (日)	土壌 半減 期 (日)	大気 半減 期 (日)	分配比(% 水/土壌/ 底泥/大気)			
3194-55-6	1,2,5,6,9,10-ヘキサブロモシクロトデカン (HBCD)		0/60	3/45 (0.085- 0.14ppb)	-	'93 3443 (H160)	3937 (H180) 3097 (H170)	1%	5%	HP LC	16100	0.00062	6200	60	120	540	3.2	1/37/ 62/0	難燃剤、接着剤の硬化促進剤
4979-32-2	N,N-ジシクロヘキシル-1,3-ペンタゾール-2-スルフィド		0/39	0/39	-	'98 3383 (H180) 3453 (H170)	3383 (H180) 3453 (H170)	0%	3%	HP LC	7700	0.012	7600	38	75	340	0.14	4/43/ 53/0	ゴム製品等の加硫剤
26886-17-9	ジベンシルトルエン			この付録の表は製造+輸入量で並べ替え済み			905 (H180) 729 (H170) 649 (H160)	0%	1%	HP LC	23000	0.003	23000	38	75	340	0.58	2/31/ 66/0	熱媒体、溶剤
38640-62-9	ジソプロピルオキサレン (DIPN)		0/120	3/120 (49- 64ppb)	6- 25ppb)	'80 774 (H180) 688 (H170) 608 (H160)	774 (H180) 688 (H170) 608 (H160)	0%	8%	GC	7800	0.006	9600	38	75	340	0.24	3/41/ 55/0	感圧紙溶剤、熱媒体、溶剤
3864-99-1	2,4-ジtert-ブチル-6-(5-クロロ-2H-1,2,3-ベンゾトリアゾール-2-イル)フェニール		0/33	0/33	-	'80 549 (H180) 532 (H170) 753 (H160)	549 (H180) 532 (H170) 753 (H160)	0%	1%	GC	9000	0.0013	15000	60	120	540	1.2	1/43/ 55/0	紫外線吸収剤
61788-32-7	水素化フェルフェニル		0/15	0/15	-	'77 373 (H180) 284 (H170) 659 (H160)	373 (H180) 284 (H170) 659 (H160)	6%	16%	GC	18000	0.00068	35000	38	75	340	0.02	2/29/ 69/0	熱媒体、溶剤
4904-61-4	シクロトデカ-1,5,9-トリエン			全てのデータはネットから入手可能 PBT Profilerによる推定値はwww.pbtprofiler.net それ以外はNITE (www.safe.nite.go.jp)から 用途等はweb検索で収集			345 (H180) 345 (H170) 302 (H160)	0%	0%	GC	14800	0.015	3400	15	30	140	0.02	13/46/ 41/0	繊維・樹脂等の原料
118-82-1	2,2',6,6'-テトラtert-ブチル-4,4'-メチレンジフェニール						187 (H180)	0%	2.7%	HP LC	13000	Not Estimated	43	180	360	1600	0.46	1/45/ 54/0	ゴム・樹脂・潤滑油等の酸化防止剤
18983-26-5	1,1,1,3,5,7,9,11,11'-ナクロンチオン						10 (H180) 54 (H170) 279 (H160)	0%	0%	LC- MS	11000	0.00033	120	180	360	1600	2.7	1/41/ 59/0	可塑剤 / 塩素化パラフィン(C11, C12-12)の代表
57912-86-4	1-メチル-4-(1-メチルエチル)シクロヘキサジマー						2 (H180) 1 (H170)	0%	2%	GC	11100	0.045	470	15	30	140	0.02	19/75/ 6/0	香料の保留剤 / ジンテンダイマー又はその水素添加物の代表
36437-37-3	2-(2H-1,2,3-ベンゾトリアゾール-2-イル)-6-sec-ブチル-4-tert-ブチルフェニール		0/156	0/147	0/156	'97 1 (H180) 1 (H170)	1 (H180) 24 (H170)	4%- 5%	-	-	14000	0.003	14000	38	75	340	0.92	2/45/ 53/0	紫外線吸収剤
92-86-4	4,4'-ジプロポモフェニル		0/156	0/147	0/156	'97 1 (H180) 1 (H170)	1 (H180) 1 (H170)	0%	4%	GC	24000	0.025	21000	60	120	540	10	4/45/ 50/1	難燃剤 / ポリプロピレニル(Br-2-SI)の代表
26684-75	2,6-ジtert-ブチル-4-フェニルフェニール						<1	0%	2%	UV VIS	15900	0.004	4600	60	120	540	1	2/38/ 60/0	酸化防止剤
21908-53-2	酸化水銀(II)	Hg=O					<1	-	-	-	5370	0.66*	-	-	-	-	-	-	金属元素が入ると推定できない 殺菌剤・消毒剤

付録 (続き)

141074-63-7	ヘリルオロヘンタチカフ酸		-	-	-	-	-	<1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1/39/ 60/0	31	360	1600	360	180	3.2	Not Esti- mated	有機フッ素化合物(撥水・潤滑・難燃・消火剤等)
67905-19-5	ヘリルオロヘキサチカフ酸		-	-	-	-	-	<1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1/39/ 60/0	31	360	1600	360	180	3.2	Not Esti- mated	有機フッ素化合物(撥水・潤滑・難燃・消火剤等)
335-57-9	ヘリルオロヘプタン		-	-	-	-	-	<1	-	-	6%	0%	GC	>20	8740	48000	0.0017	1/0/ 97/1	180	360	1600	360	180	48000	0.0017	有機フッ素化合物(撥水・潤滑・難燃・消火剤等)
307-34-6	ヘリルオロオクタタン		-	-	-	-	-	<1	-	-	-	-	-	>20	13600	3200	0.00028	1/0/ 98/1	180	360	1600	360	180	3200	0.00028	有機フッ素化合物(撥水・潤滑・難燃・消火剤等)
335-36-4	2,2,3,3,4,4,5-ヘプタフルオロ-5-(ヘリルオロプロチル)オキソラン		-	-	-	-	-	<1	-	-	-	0%	GC	>20	11600	7000	0.016	3/2/ 92/3	180	360	1600	360	180	7000	0.016	溶剤、冷媒
40464-54-8	ヘプタフルオロ(ヘリル)オロプロチルオキソラン		-	-	-	-	-	<1	-	-	-	-	-	>20	9510	7000	0.016	3/2/ 92/3	180	360	1600	360	180	7000	0.016	溶剤、冷媒
646-85-5	2,2,3,3,4,4,5,5-ヘプタフルオロ-4-(ヘリル)オロプロチルオキソラン		-	-	-	-	-	<1	-	-	-	-	-	-	-	5300	0.022	4/1/ 91/4	180	360	1600	360	180	5300	0.022	溶剤、冷媒